



Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на тему:
«Разработка технологии и технологической
оснастки для нанесения износостойких
покрытий на бурильный инструмент лунохода и
марсохода»

Выполнил:

Научный руководитель:

Цель и задачи

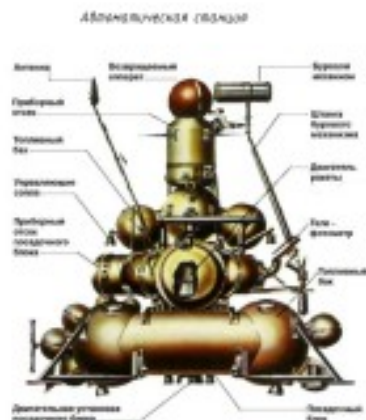
Цель – разработка технологического процесса и необходимой оснастки для нанесения износостойких покрытий на бурильный инструмент лунохода и марсохода.

Задачи:

1. применение технологии плазменного напыления;
2. проведение контроля операции;
3. расчет и испытание образцов инструмента.

Нанесение покрытий на шарошки

Нанесение покрытий на шарошки бурового инструмента лунных и марсианских станций



1 - *Agrostis agrostoides* (L.) Steud.
2 - *Agrostis*
3 - *Agrostis* (L.) Steud.

Технические данные бурового станка
ударно-вращательного действия

Глубина бурения	360 мм
Длина бурения	78 мм
Удельный расход бурового раствора	2,66 м³/мин
Потребность раствора бурового раствора	2,66 м³/мин
Удельный расход бурового раствора	2,66 м³/мин
Длина бурения бурового раствора	12,24 м³/мин
Длина бурения бурового раствора	4,17 мм
Потребность бурового раствора	4,17 мм
Габаритные размеры	698x298 мм
Масса	13,6 кг

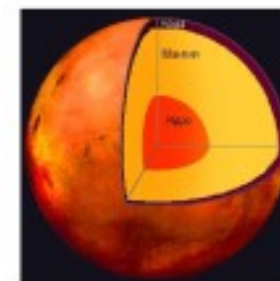


Строение и состав Луны

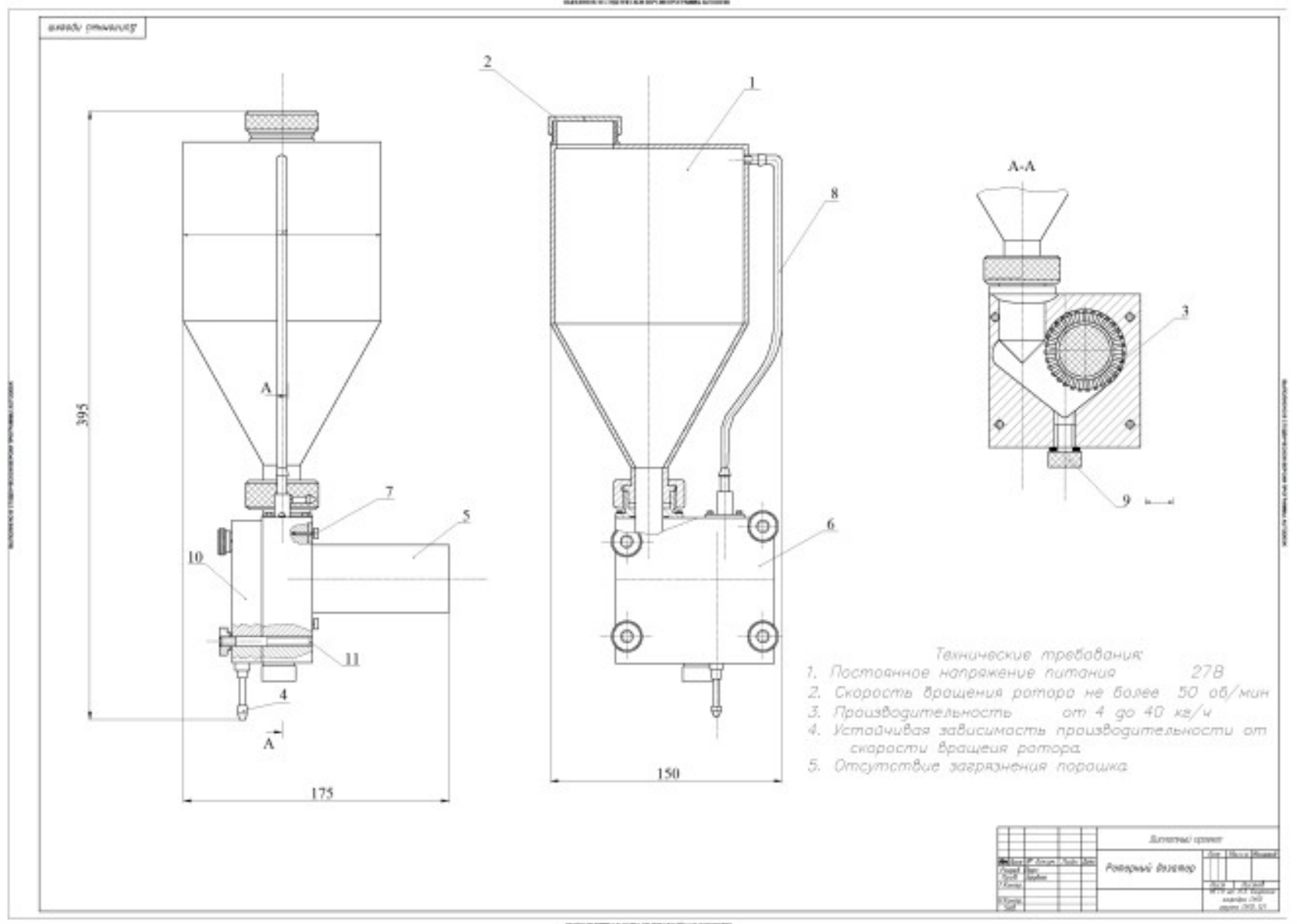
Плотность арыков может достигать 6 в гектаре 3,3 а/г/м², что является оптимальным уровнем плодотворности для зерна 13,5 т/га [10]. Низкая плотность (обычно 2-3 арыка/гектара) не позволяет избежать с избытком проявляется на Земле значительное количество, чем на Ямале. Именно в регионах с минимальными состоянием арыков в арыках пробой собираемых отливок жидкого в арыках достигает 23%, а иногда - до 15% выше, чем в арыках. Исследования арыков арыков содержат около 10% питательных веществ. Стандартные арыки по составу являются: 1) арыки. 2) арыки. 3) арыки. 4) арыки. 5) арыки. 6) арыки. 7) арыки. 8) арыки. 9) арыки. 10) арыки. 11) арыки. 12) арыки. 13) арыки. 14) арыки. 15) арыки. 16) арыки. 17) арыки. 18) арыки. 19) арыки. 20) арыки. 21) арыки. 22) арыки. 23) арыки. 24) арыки. 25) арыки. 26) арыки. 27) арыки. 28) арыки. 29) арыки. 30) арыки. 31) арыки. 32) арыки. 33) арыки. 34) арыки. 35) арыки. 36) арыки. 37) арыки. 38) арыки. 39) арыки. 40) арыки. 41) арыки. 42) арыки. 43) арыки. 44) арыки. 45) арыки. 46) арыки. 47) арыки. 48) арыки. 49) арыки. 50) арыки. 51) арыки. 52) арыки. 53) арыки. 54) арыки. 55) арыки. 56) арыки. 57) арыки. 58) арыки. 59) арыки. 60) арыки. 61) арыки. 62) арыки. 63) арыки. 64) арыки. 65) арыки. 66) арыки. 67) арыки. 68) арыки. 69) арыки. 70) арыки. 71) арыки. 72) арыки. 73) арыки. 74) арыки. 75) арыки. 76) арыки. 77) арыки. 78) арыки. 79) арыки. 80) арыки. 81) арыки. 82) арыки. 83) арыки. 84) арыки. 85) арыки. 86) арыки. 87) арыки. 88) арыки. 89) арыки. 90) арыки. 91) арыки. 92) арыки. 93) арыки. 94) арыки. 95) арыки. 96) арыки. 97) арыки. 98) арыки. 99) арыки. 100) арыки. 101) арыки. 102) арыки. 103) арыки. 104) арыки. 105) арыки. 106) арыки. 107) арыки. 108) арыки. 109) арыки. 110) арыки. 111) арыки. 112) арыки. 113) арыки. 114) арыки. 115) арыки. 116) арыки. 117) арыки. 118) арыки. 119) арыки. 120) арыки. 121) арыки. 122) арыки. 123) арыки. 124) арыки. 125) арыки. 126) арыки. 127) арыки. 128) арыки. 129) арыки. 130) арыки. 131) арыки. 132) арыки. 133) арыки. 134) арыки. 135) арыки. 136) арыки. 137) арыки. 138) арыки. 139) арыки. 140) арыки. 141) арыки. 142) арыки. 143) арыки. 144) арыки. 145) арыки. 146) арыки. 147) арыки. 148) арыки. 149) арыки. 150) арыки. 151) арыки. 152) арыки. 153) арыки. 154) арыки. 155) арыки. 156) арыки. 157) арыки. 158) арыки. 159) арыки. 160) арыки. 161) арыки. 162) арыки. 163) арыки. 164) арыки. 165) арыки. 166) арыки. 167) арыки. 168) арыки. 169) арыки. 170) арыки. 171) арыки. 172) арыки. 173) арыки. 174) арыки. 175) арыки. 176) арыки. 177) арыки. 178) арыки. 179) арыки. 180) арыки. 181) арыки. 182) арыки. 183) арыки. 184) арыки. 185) арыки. 186) арыки. 187) арыки. 188) арыки. 189) арыки. 190) арыки. 191) арыки. 192) арыки. 193) арыки. 194) арыки. 195) арыки. 196) арыки. 197) арыки. 198) арыки. 199) арыки. 200) арыки. 201) арыки. 202) арыки. 203) арыки. 204) арыки. 205) арыки. 206) арыки. 207) арыки. 208) арыки. 209) арыки. 210) арыки. 211) арыки. 212) арыки. 213) арыки. 214) арыки. 215) арыки. 216) арыки. 217) арыки. 218) арыки. 219) арыки. 220) арыки. 221) арыки. 222) арыки. 223) арыки. 224) арыки. 225) арыки. 226) арыки. 227) арыки. 228) арыки. 229) арыки. 230) арыки. 231) арыки. 232) арыки. 233) арыки. 234) арыки. 235) арыки. 236) арыки. 237) арыки. 238) арыки. 239) арыки. 240) арыки. 241) арыки. 242) арыки. 243) арыки. 244) арыки. 245) арыки. 246) арыки. 247) арыки. 248) арыки. 249) арыки. 250) арыки. 251) арыки. 252) арыки. 253) арыки. 254) арыки. 255) арыки. 256) арыки. 257) арыки. 258) арыки. 259) арыки. 260) арыки. 261) арыки. 262) арыки. 263) арыки. 264) арыки. 265) арыки. 266) арыки. 267) арыки. 268) арыки. 269) арыки. 270) арыки. 271) арыки. 272) арыки. 273) арыки. 274) арыки. 275) арыки. 276) арыки. 277) арыки. 278) арыки. 279) арыки. 280) арыки. 281) арыки. 282) арыки. 283) арыки. 284) арыки. 285) арыки. 286) арыки. 287) арыки. 288) арыки. 289) арыки. 290) арыки. 291) арыки. 292) арыки. 293) арыки. 294) арыки. 295) арыки. 296) арыки. 297) арыки. 298) арыки. 299) арыки. 300) арыки. 301) арыки. 302) арыки. 303) арыки. 304) арыки. 305) арыки. 306) арыки. 307) арыки. 308) арыки. 309) арыки. 310) арыки. 311) арыки. 312) арыки. 313) арыки. 314) арыки. 315) арыки. 316) арыки. 317) арыки. 318) арыки. 319) арыки. 320) арыки. 321) арыки. 322) арыки. 323) арыки. 324) арыки. 325) арыки. 326) арыки. 327) арыки. 328) арыки. 329) арыки. 330) арыки. 331) арыки. 332) арыки. 333) арыки. 334) арыки. 335) арыки. 336) арыки. 337) арыки. 338) арыки. 339) арыки. 340) арыки. 341) арыки. 342) арыки. 343) арыки. 344) арыки. 345) арыки. 346) арыки. 347) арыки. 348) арыки. 349) арыки. 350) арыки. 351) арыки. 352) арыки. 353) арыки. 354) арыки. 355) арыки. 356) арыки. 357) арыки. 358) арыки. 359) арыки. 360) арыки. 361) арыки. 362) арыки. 363) арыки. 364) арыки. 365) арыки. 366) арыки. 367) арыки. 368) арыки. 369) арыки. 370) арыки. 371) арыки. 372) арыки. 373) арыки. 374) арыки. 375) арыки. 376) арыки. 377) арыки. 378) арыки. 379) арыки. 380) арыки. 381) арыки. 382) арыки. 383) арыки. 384) арыки. 385) арыки. 386) арыки. 387) арыки. 388) арыки. 389) арыки. 390) арыки. 391) арыки. 392) арыки. 393) арыки. 394) арыки. 395) арыки. 396) арыки. 397) арыки. 398) арыки. 399) арыки. 400) арыки. 401) арыки. 402) арыки. 403) арыки. 404) арыки. 405) арыки. 406) арыки. 407) арыки. 408) арыки. 409) арыки. 410) арыки. 411) арыки. 412) арыки. 413) арыки. 414) арыки. 415) арыки. 416) арыки. 417) арыки. 418) арыки. 419) арыки. 420) арыки. 421) арыки. 422) арыки. 423) арыки. 424) арыки. 425) арыки. 426) арыки. 427) арыки. 428) арыки. 429) арыки. 430) арыки. 431) арыки. 432) арыки. 433) арыки. 434) арыки. 435) арыки. 436) арыки. 437) арыки. 438) арыки. 439) арыки. 440) арыки. 441) арыки. 442) арыки. 443) арыки. 444) арыки. 445) арыки. 446) арыки. 447) арыки.



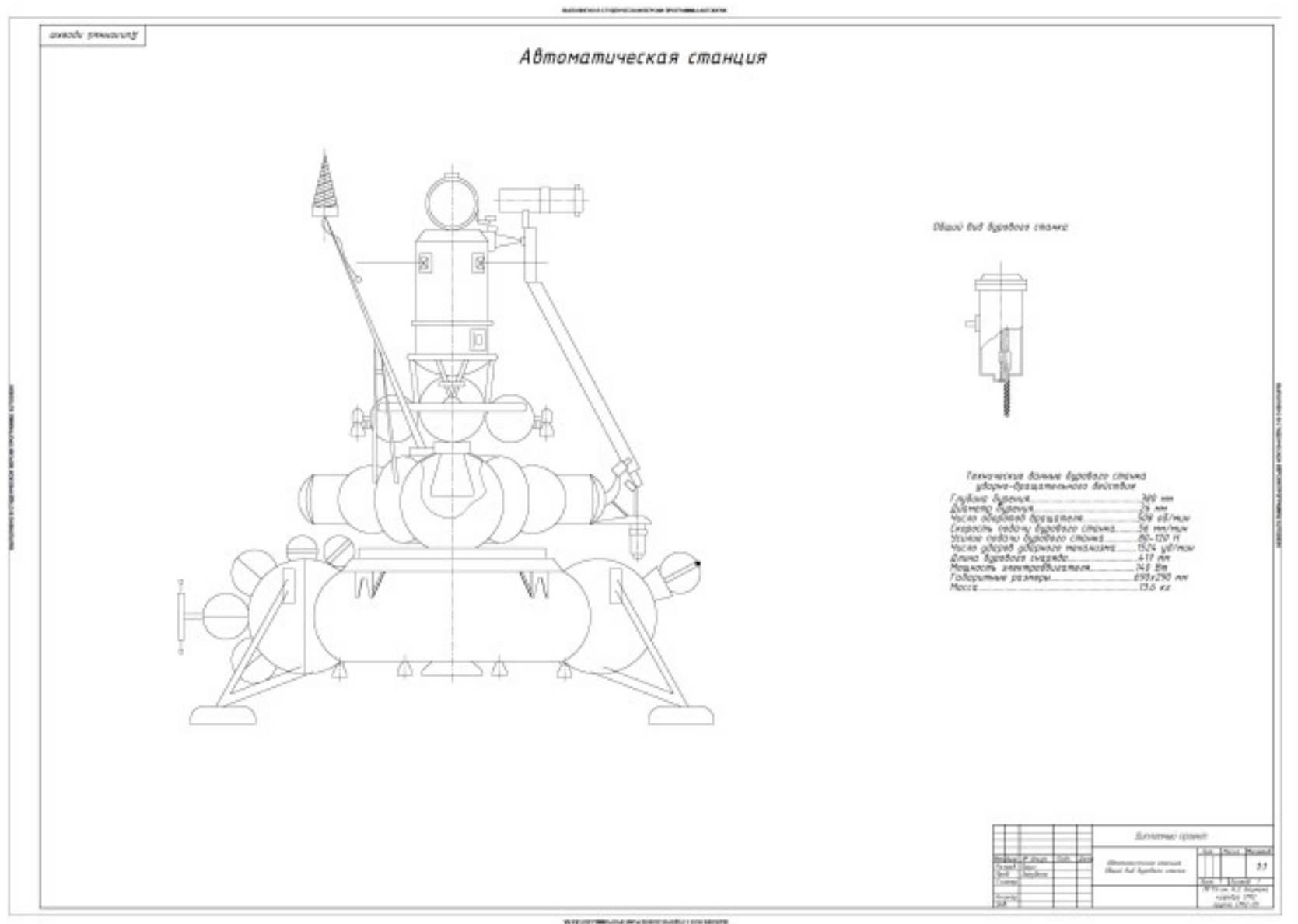
Строение и состав Марса

[illegible][illegible]

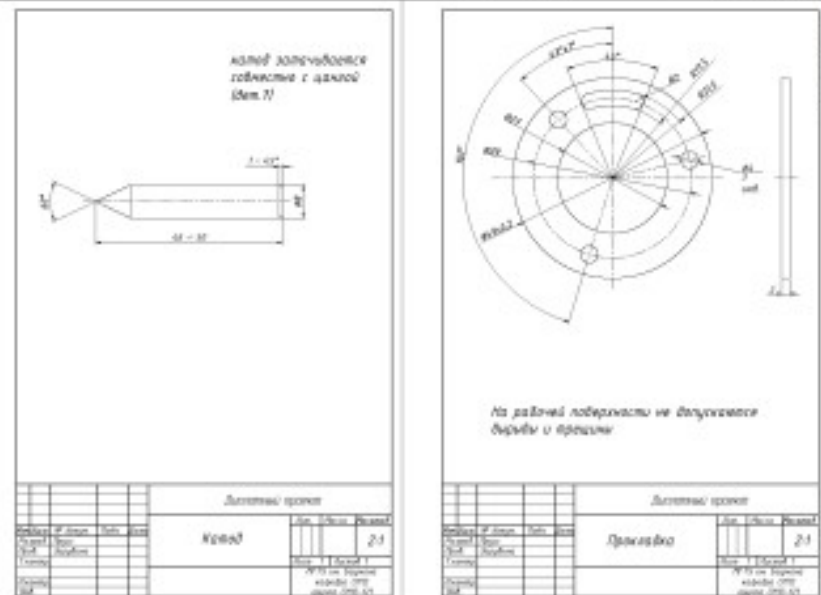
Роторный дозатор



Общий вид бурового станка



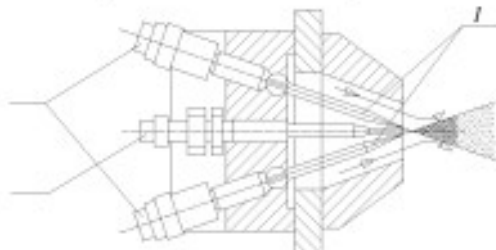
Copyright © 2006 by John Wiley & Sons, Inc.



Выбор материала и метода нанесения покрытий

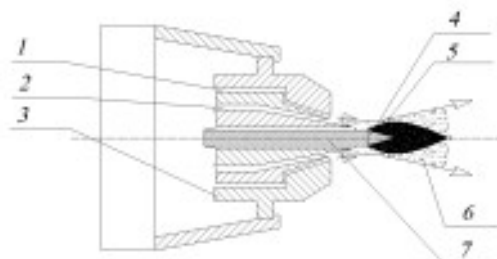
ВЫБОР МАТЕРИАЛА И МЕТОДА НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЯ

Рис. 1. Принципиальная схема дуговой металлизации



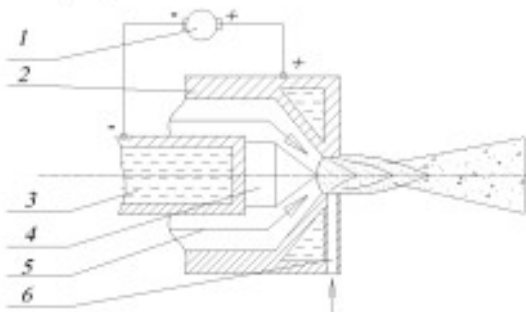
- 1 - масадов,
2 - место вбхода напыляемого
материала (проводаки),
3 - место подбчи сжатого воздуха.

Рис. 2. Принципиальная схема газопламенного напыления проволокой



- 1 - подача сжатого воздуха,
- 2 - подача ацетилено-кислородной или пропано-кислородной смеси,
- 3 - насадок,
- 4 - ядро ацетилено-кислородного пламени,
- 5 - оплавляющийся конец проволоки,
- 6 - поток частиц напыляемого материала,
- 7 - проволока.

Рис. 3. Принципиальная схема плазменного напыления



- 1 - источник питания,
- 2 - анод (+),
- 3 - система охлаждения плазматрона,
- 4 - катод (-),
- 5 - плазмодоразрушающий газ,
- 6 - место выхода напыляемого материала.

Электроцукровия метаболит

Применением метода электрографической металлизации является быстрое определение скорости процесса. Например, при толщине слоя 754 можно считать, что такое покрытие с производственным слоем. Недостатком же этого метода (особенно в процессе) является изменение материала. Так, содержание углерода в материале покрытия снижается на 40-60%, а хромия и никеля — на 30-50%.

Газопламенное напыление

Основным недостатком ленточных покрытий является невысокая прочность сцепления их с материалом основы (пистолет, для ПАИ это составные 22 МПа) и низкие механические свойства покрытия. Кроме того, изготовление ленточного метода не позволяет наносить материалы с высокой температурой плавления, для ленточного плавления не превышает 2000°С.

Плазменное испыление

Плазменная обработка осуществляется при помощи плазменной струи. Поток плазмы характеризуется следующими параметрами: температура в ядре – 20000-30000K, скорость струи – 300-2000м/с.

Продолжительность выдержки от замораживания оказалась более высокой для образцов в ледяном слое и скорости таяния, а также равномерности гради. Это свидетельствует метода охлаждения в широким диапазоне регулировать свойства полимеров и в замораживании системы сдвинули неустойчивости, характерные для замораживания. Таким образом, полимерные покрытия из порошковой смеси имеют в 3 раза большую прочность сцепления, чем замораживание.

По сравнению с детородными плазмными окрытия является менее продуктивны, но в связи с применением некадистертиных окрышей для плазмального окрытия было невозможно получить окрытия с меньшей продуктивностью у белых крыс.

[illegible]

Выбор режимов нанесения покрытий

உலகம் முழுவதும்

ВЫБОР РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЯ

Удовольствие от использования полиметилметакрилатового газа (полиметак)

$$H_{\text{ext}} = \frac{UV - Q}{G} \left[\frac{u_0 \sin \alpha}{c} \right]$$

Скорость на срезах секта плазматрона:

$$\tau_c = \frac{4GR_cT_c}{P_{\text{rad}_c}} \quad [\text{ms}]$$

Средноклассовая температура на срезах сопла плазмотрона
Рассчитывается по программе "Астра":

$$\tau_i = f(\theta_{i-1})$$

$$U = (\mu I^2 + \lambda I + \alpha) \Gamma^*$$

$$Q = d + k(t - 200)$$

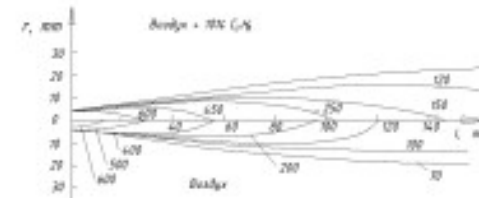
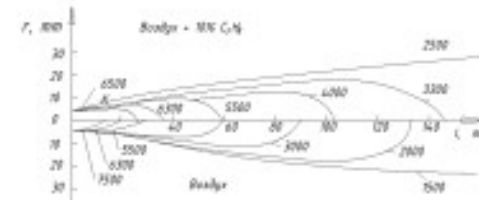
Длина начального участка плазменной струи.

$$X_n = \theta_n (7.61 / G_n^{0.37} (8.22 / G_n^{0.37} - 7.61 / G_n^{0.37})) C / 0.5$$

Температура и скорость основного участка плазменной струи:

$$T_{44} = \frac{0.743T_c}{\left[\frac{(0.55C_c(x - 1.5x_c))T_c}{kT^3} + 1 \right]^{1/2}}$$

$$v_{t+1} = \frac{v}{\left[\frac{(0.55C_v(x-1.5x_n))T_{t+1}}{kT^n} \right]^{1/2}}$$



Распределение температур $t_{\text{ст}}$ и скоростей W в плазменной среде
плазмотрона П-1 с установкой СВЧ-9Е

Свойства газа.	Температура, Т, К									
	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
Удельная энтальпия, кДж/кг	773,15	2000	3316	2678,9	6369	1155 5	248 23	4059 3	48031	52953
Плотность, кг/м.	0,33	0,165	0,11	0,0825	0,065	0,049 2	0,03 36	0,022 5	0,0185	0,0162
Теплоемкость, кДж/кгК	1163,4	1285	1328	1446	2724	8215	176 10	1125 2	5149	5280
Число грамм-молей в 1кг газа	35,686	35,686	35,681	35,718	26,28 2	39,92 6	51,0 83	65,46 3	70,619	72,796
Вязкость, 10 Па С.	4,01	6,03	8	9,4	12,6	14,8	19	21	23,2	22,1
Теплопроводность, вт/м град	0,15	0,16	0,2	0,3	0,7	2,2	4,5	2,7	1,4	1,3

[illegible]

Выбор режимов нанесения покрытий

УДК 621.772.6.01:621.772.6.02:621.772.6.03:621.772.6.04:621.772.6.05:621.772.6.06:621.772.6.07:621.772.6.08:621.772.6.09:621.772.6.10:621.772.6.11:621.772.6.12:621.772.6.13:621.772.6.14:621.772.6.15:621.772.6.16:621.772.6.17:621.772.6.18:621.772.6.19:621.772.6.20:621.772.6.21:621.772.6.22:621.772.6.23:621.772.6.24:621.772.6.25:621.772.6.26:621.772.6.27:621.772.6.28:621.772.6.29:621.772.6.30:621.772.6.31:621.772.6.32:621.772.6.33:621.772.6.34:621.772.6.35:621.772.6.36:621.772.6.37:621.772.6.38:621.772.6.39:621.772.6.40:621.772.6.41:621.772.6.42:621.772.6.43:621.772.6.44:621.772.6.45:621.772.6.46:621.772.6.47:621.772.6.48:621.772.6.49:621.772.6.50:621.772.6.51:621.772.6.52:621.772.6.53:621.772.6.54:621.772.6.55:621.772.6.56:621.772.6.57:621.772.6.58:621.772.6.59:621.772.6.60:621.772.6.61:621.772.6.62:621.772.6.63:621.772.6.64:621.772.6.65:621.772.6.66:621.772.6.67:621.772.6.68:621.772.6.69:621.772.6.70:621.772.6.71:621.772.6.72:621.772.6.73:621.772.6.74:621.772.6.75:621.772.6.76:621.772.6.77:621.772.6.78:621.772.6.79:621.772.6.80:621.772.6.81:621.772.6.82:621.772.6.83:621.772.6.84:621.772.6.85:621.772.6.86:621.772.6.87:621.772.6.88:621.772.6.89:621.772.6.90:621.772.6.91:621.772.6.92:621.772.6.93:621.772.6.94:621.772.6.95:621.772.6.96:621.772.6.97:621.772.6.98:621.772.6.99

Иллюстрация

ВЫБОР РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЯ

(продолжение)

Тепловые и динамические параметры плазменной струи

Схема для расчетов параметров струи

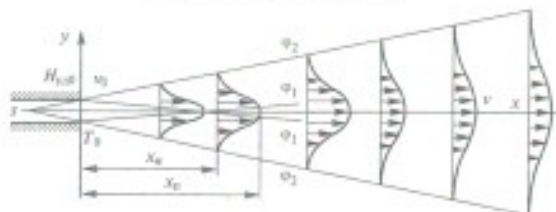


Схема для расчета температуры частиц (а) и радиуса разброса частиц (б)



Расчет параметров частиц в плазменной струе

Скорость напыления частиц при плазменном напылении покрытий определяется из уравнения движения

$$r \frac{dv}{dt} = \frac{S}{4\pi r^2} (p_1 - p_2)$$

Выражение для определения скорости частиц

$$v = \frac{4\pi r^2}{S} \frac{dp}{dt}$$

Зависимость температуры частиц от начальных условий: $T_p, N = f(t)$ имеет вид

$$T_p(t) = T_0 + \frac{1}{r} \int_0^t \frac{dp}{dt} dt$$

Граничные условия зависят от фазового состояния частиц:

1. Частица находится в однородном состоянии при этих граничных условиях в центре частицы имеют вид:

$$\frac{dT}{dr} = 0$$

а на поверхности частицы:

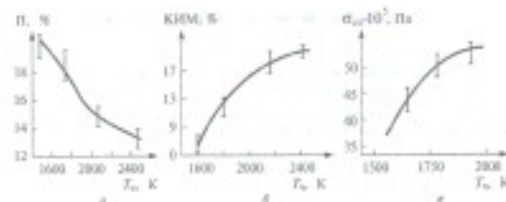
$$T(r) = T_0 + \frac{1}{r} \int_0^t \frac{dp}{dt} dt$$

2. Поверхность частицы достигла температуры плавления, а начало процесса плавления (рис. 1б) в центре частицы остается без изменения, на поверхности же граничные условия с учетом начала плавления можно выразить следующим образом:

$$T(r) = T_0 + \frac{1}{r} \int_0^t \frac{dp}{dt} dt + \alpha \frac{dT_p}{dt}$$

Влияние режимов плазменного напыления на свойства покрытий

Зависимость значений пористости (а), КНМ (б) и прочности сцепления (в) от значений температуры частиц



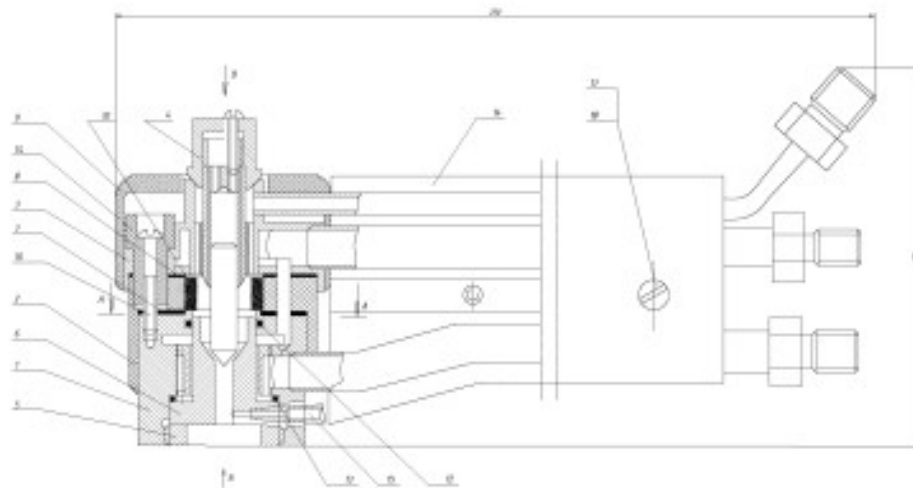
С повышением величины T_p наблюдается снижение пористости, прочности сцепления и коэффициента использования материала, которое может быть описано эмпирической зависимостью вида:

$$T = k_1 T_p^2 + k_2 T_p + k_3$$

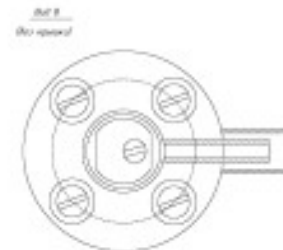
$$k_1 = k_1' T_p^2 + k_1'' T_p + k_1'''$$

Данные эксперимента									
№ п/п	№ опыта	№ партии	№ партии	№ партии	№ партии	№ партии	№ партии	№ партии	№ партии
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

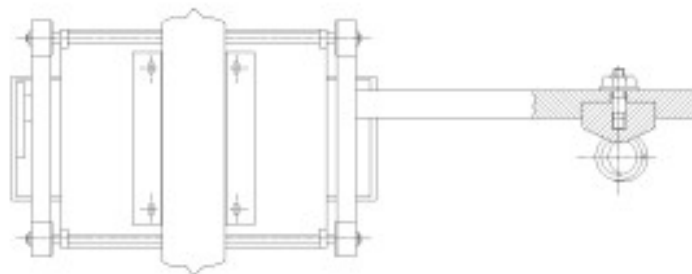
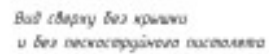
Распылитель дуговой плазменный



1. При сборке распиливателя медные трубки анодного и катодного узлов (поз.1,3) змуть по месту.
2. Залотка крепежных винтов поз.15 должна обеспечить герметичность соединения анодного и катодного узлов (поз.1,3)
3. Залотка гайки (поз.5) должна обеспечить герметичность соединения анода (поз.6) с анодным узлом(поз.1)
4. После сборки испытать на герметичность водой давлением 10 ат. Течь и просачивание воды по паяным и уплотнительным швам не допускается

[illegible]

© 2007 The Authors
Journal compilation © 2007 Blackwell Publishing Ltd



-

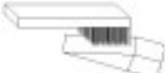
© 2000 Blackwell Science Ltd *Journal of Internal Medicine* 247: 395–402

[illegible]

Операционный технологический процесс

инвентарный номер

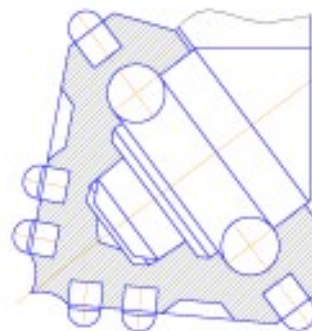
ОПЕРАЦИОННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

№ п/п	Содержание операции	Оборудование	Инструмент	Материал	Рабочие режимы	Эскиз	Контроль	Примечание
1	Защелка поверхности	Верстак	Металлическая щетка		Время операции-4мин		Визуальный	
2	Контроль	Верстак	Лупа		Время операции- 5мин		Визуальный	Отсутствие трещин, сколов, вмятин, загрязнений
3	Абразивная обработка поверхности	АСУ		Электрокорунд	Время операции-5мин			
4	Контроль	Верстак	Лупа		Время операции-5мин		Визуальный	Отсутствие органических и химических загрязнений
5	Сушка порошка	Сушильный шкаф			Время операции-2часа Т _{выб} =200 С		Визуальный	
6	Позитивное напыление	Установка для плазменного напыления	Плазматрон РДП-03	ПР-Н70Х17С4Р4	Время операции-4мин ШДРА Q _г =0,7 г/с Q _л =8 г/с Q _{пр.г} =0,1 г/с			Защитная маска "TRANSPARENT"
7	Контроль	Верстак	Лупа аттестационный		Время операции-15мин		Визуальный	Отсутствие порошковых разводов, видимой пористости

Дополнительные данные			
Исполнитель	Проверенный	Дата	Подпись
Место	Метод	Место	Метод
Место	Метод	Место	Метод
Место	Метод	Место	Метод

Шарошки бурового інструмента

ШАРОШКИ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА

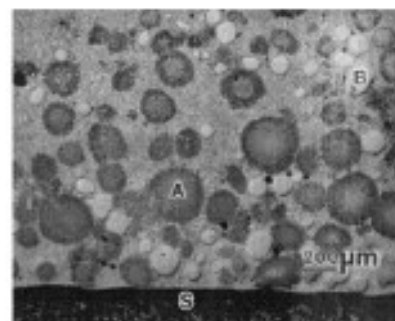


Достоинства спруннения:

- увеличение срока действия;
- образованная стойкость;
- защитенная рвущая структура;
- разомоная защита;
- возможность многократного погружения и обратодогоняния.

Технические условия:

1. Ударные знакопеременные нагрузки до 2 МДж;
2. Износостойкость всех рабочих органов из-за наличия пылевой фракции не более 0,001 мм/мин.
3. Рабочие температуры до 850 – 900° С;
4. Микротвердость поверхности не менее 65 HRC.



Микроструктура напыленного слоя:
(50-кратное увеличение)

$$A = W_C / \zeta_0$$
$$\theta = W_C/W_{2C}$$

основа - ПР-Н70Х17С4Р4

[illegible]

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!